ARCHIVES ITALIENNES
DE

BIOLOGIE

REVUES, RÉSUMÉS, REPRODUCTIONS
DES
TRAVAUX SCIENTIFIQUES ITALIENS

SOUS LA DIRECTION DE

A. MOSSO
Professeur de Physiologie à l'Université de Turin

AVEC LA COLLABORATION DE

V. ADUCCO
Professeur de Physiologie à l'Université de Pise

TRADUCTEUR
A. BOUCHARD
Professeur de langue française.

Tome XLVI — Fasc. II

EXTRAIT

TURIN
ERMANNO LOESCHER, ÉDITEUR

1906

Paru le 20 décembre 1906

 *Voir l'avertissement à la 4e page.*

TABLE DES MATIÈRES

Extrait des *Archives italienne de Biologie*, t. XLVI, fasc. II.

Sur l'élasticité des muscles normaux et des muscles dégénérés (1).

IVe Communication du Dr G. **GUERRINI**,

(Institut de Pathologie générale de l'Université de Naples).

(Résumé de l'auteur).

Étant donnée la constitution complexe du muscle, étant donnée la variation de sa constitution avec la variation de son activité fonctionnelle, étant donné surtout que le muscle n'est pas un corps *isotrope*, on ne peut parler d'élasticité musculaire dans le sens précis d'un phénomène physique. Et l'on peut encore moins chercher, dans le phénomène de l'élasticité musculaire, les constantes: *coefficient* et *module*, qui représentent l'élasticité d'un corps homogène et inerte.

Un muscle vivant, soumis à une traction, ne peut pas être considéré, par exemple, comme un fil métallique. Dans le muscle persiste, pendant longtemps, un certain degré d'activité métabolique, en vertu de laquelle se consument des matériaux anaboliques et s'accumulent des substances cataboliques; de plus, l'action mécanique déterminée par le poids est un stimulus pour la fibre musculaire. La traction déterminée par le poids est un stimulus pour la contraction. On a par conséquent en antagonisme l'action physique de la gravité, en vertu de laquelle le muscle tend à s'allonger, et l'action biologique

(1) *Lo Sperimentale*, vol. LX, fasc. 4, p. 529. Ce travail est accompagné de deux planches. Pour les trois précédentes Communications, voir *Arch. ital. de Biol.*, t. XLIII, p. 433; t. XLV, p. 71 et, dans ce volume, p. 252.

de la contraction, sous l'influence de laquelle le muscle tend à se raccourcir.

Mais si l'on ne peut parler d'élasticité musculaire dans le sens précis d'un phénomène physique, on peut parler d'élasticité du muscle dans un sens plus générique, c'est-à-dire d'un corps qui, étant déformé, tend à revenir à sa forme primitive.

Cette élasticité est toujours un cas d'*élasticité incomplète*, c'est-à-dire que le muscle, une fois distendu, ne retourne plus à sa longueur initiale.

Toutefois, même entendue dans ce sens générique, l'élasticité du muscle est encore une question importante en physiologie et en pathologie.

Et, encore qu'on ne puisse représenter l'élasticité au moyen de constantes, on peut établir des comparaisons utiles entre différents muscles, en divers états de fonction ou de structure, pourvu que les conditions expérimentales soient maintenues inaltérées.

Ce qui sert alors pour la comparaison, ce sont les courbes que l'on peut construire, en reportant, sur l'abscisse, le temps, et, sur les ordonnées, les variations de longueur du muscle, sous l'action du poids de charge et après que le poids a été enlevé.

Ces courbes, que, par simple facilité d'expression, on peut appeler *courbes d'élasticité*, sont, pour les raisons susdites, les résultantes de facteurs physiques et de facteurs biologiques.

Il faut donc, avant tout, interpréter la signification des diverses portions qui les composent, puisque, évidemment, elles ne sont pas continues.

Considérons la *courbe* d'élasticité d'un muscle normal (fig. 1):

1. Dès qu'on a appliqué le poids de charge, on a un allongement immédiat, rapide (portion *a*, *b* de la courbe — *extensibilité immédiate*) qui atteint approximativement 59 °/₀ de l'allongement total et qui dépend du fait physique de la traction par gravité.

2. Dans une seconde période de temps, le muscle continue encore à se distendre, mais graduellement, d'une manière uniforme et continue. Cet allongement (portion *b*, *c* de la courbe — *extensibilité complémentaire*) représente 41 °/₀ de l'allongement total, et les facteurs biologiques y ont une grande part, comme je crois l'avoir démontré par les expériences que j'exposerai plus loin.

La durée de l'*extensibilité* complémentaire exprimée par le segment *c*, *d*, a, elle aussi, une signification biologique qu'on ne doit point négliger.

3. Lorsque le poids a été enlevé en *e*, le muscle se raccourcit rapidement (portion *e*, *f* — *rétractilité immédiate*). Et c'est encore là probablement un phénomène principalement physique.

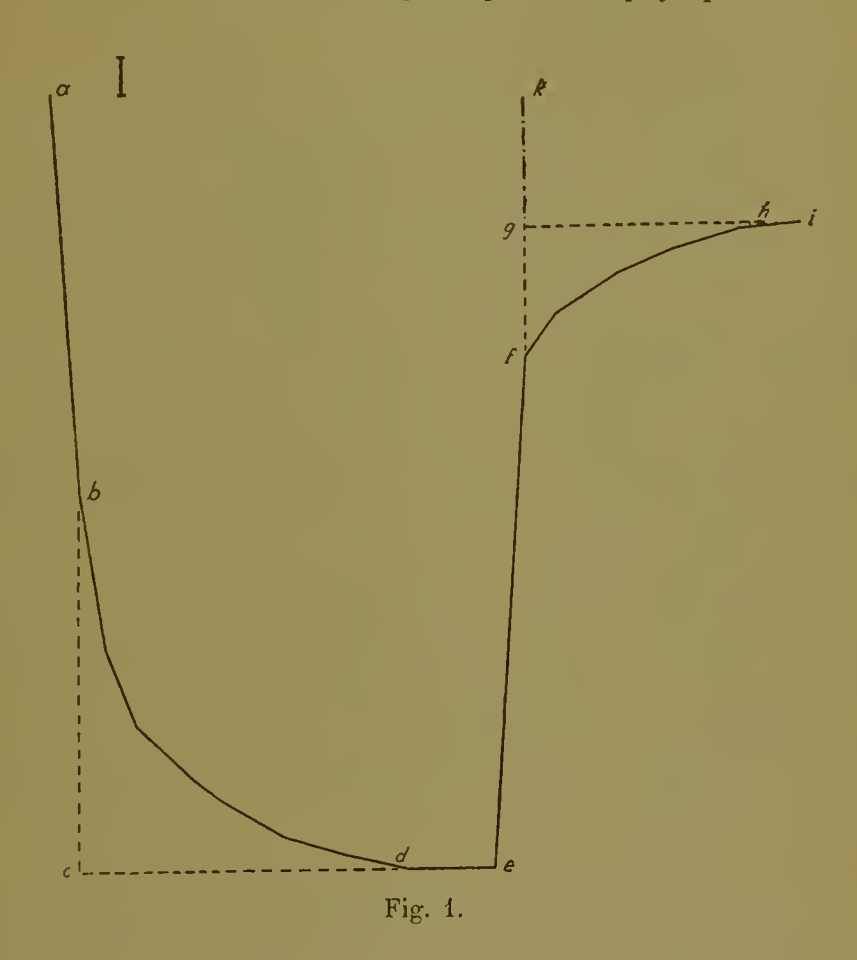


Fig. 1.

4. Ensuite le muscle se raccourcit encore pendant la durée de la portion *f*, *g* (*rétractilité complémentaire*). Le raccourcissement est régulier et procède d'une manière continue. Il dépend en grande partie de facteurs biologiques. La durée de la portion *g*, *h*, également, correspond probablement à des conditions vitales du muscle.

5. Reste enfin à considérer la portion *g*, *R* (*allongement résiduel*). Il représente la déformation persistante subie par le muscle sous la traction du poids.

L'élasticité du muscle, comme je l'ai dit plus haut, est toujours un cas d'élasticité incomplète.

Or, l'*allongement résiduel* est précisément l'indice du degré de l'élasticité. Quand l'allongement résiduel est = 0, on a *élasticité com-*

plète; quand l'allongement résiduel et l'extensibilité totale s'équivalent en valeur, on a au contraire *anélasticité complète.*

Pour la construction de la *courbe*, j'ai expérimenté comme il suit:

Une légère tige métallique était balancée en équilibre horizontal sur deux pointes. Une extrémité de la tige, d'un côté du point d'appui, portait un index très léger et rigide, de la longueur de 370 mm. L'autre extrémité, à 10 mm. du point d'appui, portait deux trous, l'un au-dessus de l'autre sur la même verticale. Au trou supérieur était fixé le muscle avec un fil de cuivre assez gros; au trou inférieur était attaché un plateau. Après avoir chargé ce plateau jusqu'à ce qu'il y eût équilibre du levier (gr. 6,5) et porté le muscle dans les conditions opportunes, on ajoutait le poids de charge, qui était constamment de 50 grammes.

L'allongement du muscle soumis à la traction et la rétraction du muscle, lorsque la traction avait cessé, étaient marquées, respectivement, par un abaissement et par un soulèvement du levier, du côté du muscle, par une élévation et par un abaissement proportionnels du levier, du côté de l'index. Et comme les déplacements de l'index avaient lieu sur une échelle graduée au millimètre, on pouvait, au moyen d'un calcul très simple, obtenir les valeurs respectives de l'*extensibilité* et la *rétractilité.*

On avait ainsi les valeurs correspondant aux divers segments de la courbe d'*élasticité.*

J'ai étudié la courbe d'élasticité comparativement dans les muscles normaux et dans les muscles en dégénérescence graisseuse (*rana esculenta*; muscle gastrocnémien). Pour obtenir la dégénérescence graisseuse, j'ai recouru à la méthode ordinaire des instillations, dans le sac dorsal, de solution *Ph* dans de l'huile d'amandes.

En recourant, pour leur construction, à la méthode indiquée plus haut, j'ai obtenu, pour les muscles en dégénérescence graisseuse, des *courbes d'élasticité* de la forme représentée dans la fig. 2.

Et, en comparant les *courbes d'élasticité* des muscles normaux avec ceux des muscles dégénérés, j'ai conclu que:

I) *dans les muscles en dégénérescence graisseuse et dans les muscles normaux, à parité de conditions, l'*extensibilité totale *est presque à peu près la même (muscle normaux: 0,641; muscles dégénérés: 0,637)*;

II) *dans les muscles en dégénérescence graisseuse, à parité de*

conditions, *l'*extensibilité immédiate *est considérablement augmentée* (*1* : *1,21*);

III) *dans les muscles en dégénérescence graisseuse, l'*extensibilité complémentaire *est considérablement diminuée* (*1* : *0,32*);

IV) *dans les muscles en dégénérescence graisseuse, à parité de conditions, il y a diminution de la* rétractilité, totale, immédiate *et* complémentaire (Rétractilité totale *1*:*0,81*; rétractilité immédiate *1*:*0,85*; rétractilité complémentaire *1* : *0,60*;

V) *dans les muscles en dégénérescence graisseuse, à parité de conditions, l'*allongement résiduel *est augmenté* (*1* : *2,17*).

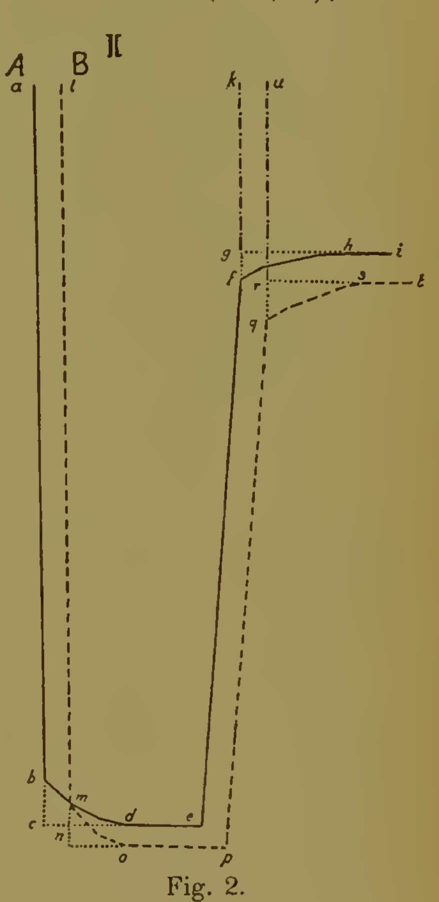


Fig. 2.

Mais si l'application d'un poids à un muscle représente une certaine stimulation, par suite de laquelle le muscle se contracte, les valeurs de la portion *c, d* de la *courbe d'élasticité* résulteraient d'un antagonisme entre la contraction qui raccourcirait le muscle et la traction qui l'allongerait. En conséquence, dans les *courbes d'élasticité* des muscles soumis à l'action de narcotiques, ou préventivement fatigués, on devrait avoir, évidemment, une moindre durée de la portion *b*, *c* (*extensibilité complémentaire*). Et c'est précisément ce que j'ai démontré au moyen de recherches expérimentales.

Étant donnée l'intervention de l'élément vital dans le phénomène de l'élasticité musculaire, d'autres faits inhérents à celle-ci peuvent alors recevoir leur explication: pourquoi le muscle curarisé et le muscle normal ont une diverse élasticité; pourquoi la ligne de l'extensibilité musculaire est une hyperbole au lieu d'être une droite; pourquoi l'allongement peut, dans certaines limites, diminuer avec l'augmentation du poids; pourquoi le muscle est plus extensible à la fin de la contraction; pourquoi la contraction volontaire diminue

l'extensibilité; pourquoi la température influe ainsi sur le degré de l'extensibilité musculaire.

De même aussi, ce qu'on appelle le *paradoxe de Weber* pourrait peut-être trouver en cela quelque éclaircissement. On sait en effet qu'il s'observe plus facilement dans les muscles fatigués.

Les figures 3 et 4 représentent des *courbes d'élasticité*, respectivement, de muscles narcotisés (*a*, par l'action de chloroforme, et *b* par l'action de l'éther) et de muscles fatigués.

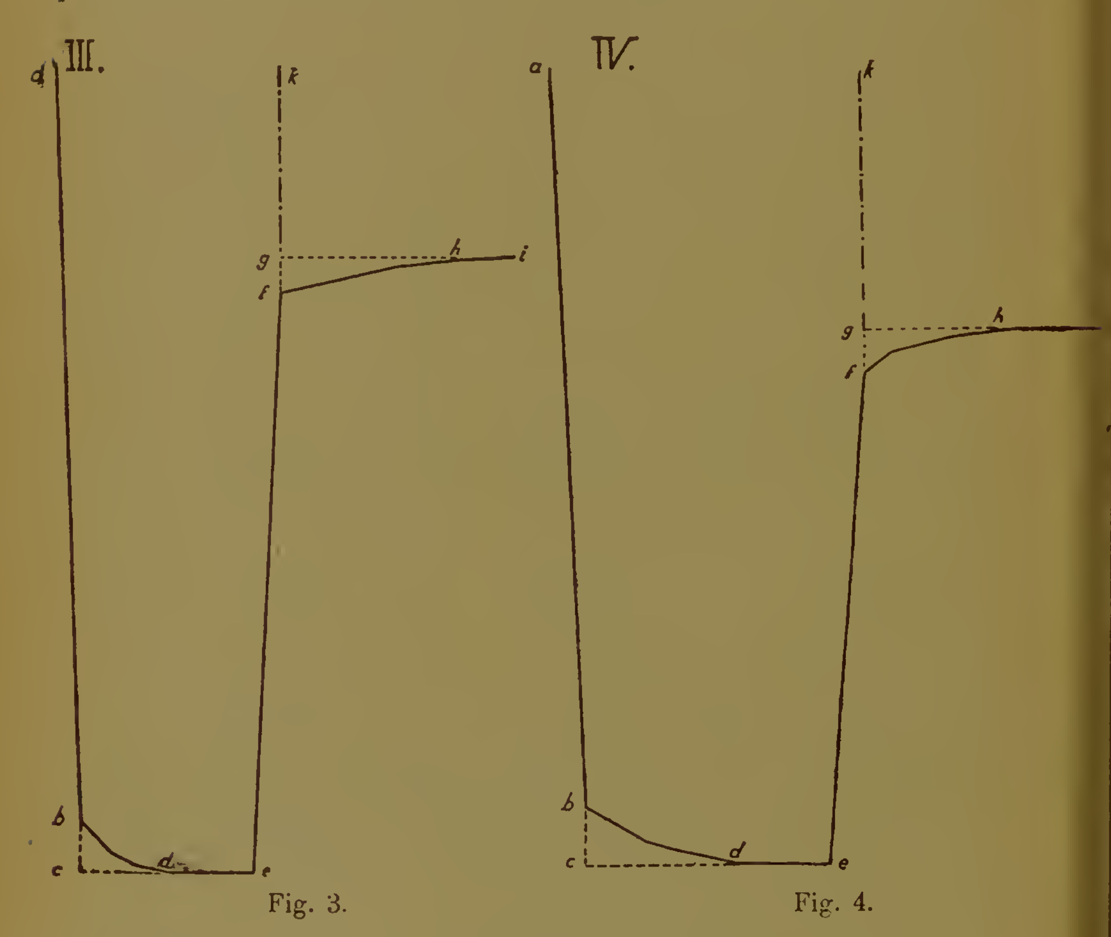


Fig. 3. Fig. 4.

Comme conséquence de ce qui a été dit plus haut, le muscle normal, lorsqu'on a enlevé le poids (point *e*), se trouve dans un état de fatigue considérable. En conséquence, le *tonus* (qui doit aussi être pris en considération quand on parle de déformation), dans ce cas, serait très bas. Mais lorsque la cause qui fatigue le muscle a été écartée, le *tonus* pourrait tendre à se rétablir. La portion *f*, *h* pourrait donc être l'exposant de ce fait.

De cette manière la portion *f*, *h* représenterait le retour du *tonus*; la portion *f*, *g*, la capacité de la restauration, et la portion *g*, *h*, le temps nécessaire pour que celle-ci ait lieu.

Pour établir ces faits, j'ai institué un certain nombre d'expériences.

Après avoir enlevé le poids de charge (fin de la portion *e*, *f* de la courbe), je provoquais une contraction du muscle au moyen d'un coup de courant induit, en employant un stimulus supramaximal. Lorsque la *rétractilité complémentaire* (fin de la portion *f*, *h*, de la courbe) avait cessé, je provoquais une seconde secousse.

Et puisque le stimulus supramaximal permet d'exclure l'influence d'une mutation d'excitabilité, si, véritablement, la portion *f*, *h* correspond à une restauration, à parité de conditions la secousse, en *h*, doit être plus élevée que la secousse en *f*; ce qui, précisément, a été démontré par le résultat des expériences.

Après avoir ainsi établi la signification des divers segments de la *courbe*, et en tenant compte de ce qui a été exposé plus haut touchant les facteurs qui y prennent part, on peut dire quelque chose de plus sur les variations et les modifications rencontrées dans les muscles dégénérés.

L'augmentation rencontrée dans l'*élasticité immédiate* dépend donc principalement de modifications structurales que subit le muscle en dégénérescence graisseuse.

Mais l'augmentation de l'*allongement résiduel* (qui nous indique que l'élasticité, dans le muscle dégénéré, est encore plus loin d'être complète qu'elle ne l'est dans le muscle normal) dépend peut-être aussi principalement de ces modifications structurales.

La diminution et la durée moindre de l'*extensibilité complémentaire* doivent plutôt être considérées comme dépendant d'une diminution dans la capacité contractile du muscle, d'où il résulte que celui-ci réagit moins et, en tout cas, plus brièvement à la stimulation du poids.

La diminution de la *rétractilité complémentaire* (laquelle dépend de la *restauration* du muscle après la fatigue produite par le poids) s'explique facilement, elle aussi, quand on considère que, comme on le sait, dans le muscle dégénéré, la capacité de *se restaurer* est diminuée.
